

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Patentschrift
10 DE 195 21 266 C 1

51 Int. Cl.⁶:
G 01 V 3/10
B 65 G 47/42
B 65 G 43/08

21 Aktenzeichen: 195 21 266.5-52
22 Anmeldetag: 10. 6. 95
43 Offenlegungstag: —
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 13. 2. 97

DE 195 21 266 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
Mesutronic Gerätebau GmbH, 94259 Kirchberg, DE

74 Vertreter:
Schlenk, M., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 80689 München

72 Erfinder:
Artinger, Manfred, 94513 Schönberg, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 32 28 447 C2
DE 28 37 265 C2
DE 40 17 780 A1
DE 37 14 009 A1
DE 36 28 219 A1

JP 3-68891 (A), In: Patents Abstracts of Japan,
P-1214, June 12, 1991, Vol. 15/No. 230;
WILBURN, J.E.: Detecting Metal Particles in

Nonmetallic Materials, in: Automation,
December 1965, S. 82-88;
BRISTER, C.W.: Factors to consider when selecting
metal detector systems, in: Automation,
February 1967, S. 69-73;
MILLER, L.D.: Ways to change direction of con-
veyed materials, in: Automation, September 1965,
S. 102-112;
DE-Prospekt: RAMSEY MS 9000, Messe
Interpack, 1993;
MAYO, G.: Verfahren für den Metallnachweis,
MDT/G/2/489;

54 Einrichtung zur Feststellung metallisch leitender Teile

57 Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Erzeugung
eines Erkennungssignals beim Auftreten von metallisch
leitenden Teilen in einem zumindest weitgehend nichtleiten-
den Förderstrom, bei der von einem Wechselstromgenerator
über ein Sendespulensystem in einem zu überwachenden
Abschnitt des Förderstromes ein elektromagnetisches
Wechselfeld aufgebaut wird, dessen beim Passieren eines
Teiles ausgelöste Amplituden- und Phasenänderungen durch
ein Empfangsspulensystem und eine nachfolgende Auswer-
teschaltung in Form eines Phasen-Änderungssignals und
eines Amplituden-Änderungssignals erfaßt werden.
Es sind eine Stufe zur vektoriellen Addition der beiden
Änderungssignale und ein Phasenvergleich vorgesehen ist.
Dem Phasenvergleich werden zum einen das vektorielle
Summensignal und zum anderen eines der beiden Ände-
rungssignale zugeführt. Das Ausgangssignal (Phasenwinkel-
signal) entspricht dem Phasenwinkel zwischen dem vektor-
iellen Summensignal und einem der beiden Änderungssi-
gnale. Das Phasenwinkelsignal wird über eine Bewertungs-
stufe zugeführt, die es in ein materialspezifisch bewertetes
Steuersignal umformt, das eine regelbare Ausgangsstufe
steuert, die ein materialspezifisches Erkennungssignal für
ein im Förderstrom befindliches, zu erkennendes Teil abgibt.

DE 195 21 266 C 1

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Erzeugung eines Erkennungssignals beim Auftreten von metallisch leitenden Teilen in einem zumindest weitgehend nichtleitenden Förderstrom.

Derartige Einrichtungen sind beispielsweise durch die Deutschen Offenlegungsschriften 37 14 009 A1 und 40 17 780 A1 bekannt. Man benötigt sie zum Beispiel zur Feststellung von Metallteilen in einem im wesentlichen nur aus Papier oder recyclingfähigem Kunststoff bestehenden Förderstrom, der einer Zerkleinerungsanlage (Shredder) für die Wiederaufbereitung zugeführt wird. Auch in pneumatischen Förderanlagen für Granulate aus Kunststoff und in der Tabak- und in der Textilindustrie sowie in der Lebensmittelindustrie kommen sie zum Einsatz. Sind nämlich im Fördergut massive Metallteile enthalten, so kann dies zu Störungen im Arbeitsablauf, wenn nicht gar zur Zerstörung von Maschinenteilen führen, auch wenn die Teile nur klein sind. Bei Textilien sind aus verständlichen Gründen Metallteile und Drahtreste von Bürstmaschinen ebenfalls störend. Andererseits kommen oft auch folienartige leitende Teile, wie die Abdeckungen von in Kunststoffbechern verpackter Ware vor, die in der Regel nicht auszusortieren sind, weil sie entweder als Verpackung dienen oder ihre mechanische Widerstandskraft nur gering ist und damit von ihnen keine Gefährdung nachfolgender Maschinen zu erwarten ist.

Das Erkennungssignal dient dabei zur Betätigung von Schutzeinrichtungen, wie optischen und/oder akustischen Signalmitteln, von Abschaltvorrichtungen der Fördereinrichtung, oder auch zur Umleitung des ein störendes Teil enthaltenden Förderstromes in ein Sammelgefäß oder dergleichen.

Die Einrichtungen arbeiten meist in der Weise, daß von einem Wechselstromgenerator über ein Sendespulensystem in einem zu überwachenden Abschnitt des Förderstromes ein elektromagnetisches Wechselfeld aufgebaut wird, dessen beim Passieren eines Teiles ausgelöste Amplituden- und Phasenänderung durch ein Empfangsspulensystem und eine nachfolgende Auswerteschaltung in Form eines Phasen-Änderungssignals und eines Amplituden-Änderungssignals erfaßt werden, die der Ableitung des Erkennungssignals dienen. Um auch kleine, massive und metallisch leitende Teile noch sicher erkennen zu können, wird bei bekannten Einrichtungen von der Tatsache Gebrauch gemacht, daß der Einfluß leitender Teile mit der Frequenz des elektromagnetischen Wechselfeldes zunimmt. Die bekannten Anlagen arbeiten aus diesem Grund bei relativ hohen Frequenzen, wie wenigstens 16 kHz. Meistens liegt die Frequenz noch wesentlich höher. Die damit verbundene Steigerung der Empfindlichkeit bringt es aber mit sich, daß auch an sich nicht auszusortierende, wie folienartige Teile, Erkennungssignale auslösen und je nach der Art der für die Förderanlage vorgesehenen Schutzmittel diese z. B. stillsetzen oder den Förderstrom unerwünscht umleiten. Die Erkennung kleiner massiver, metallisch leitender Teile bereitet trotzdem häufig noch immer gewisse Schwierigkeiten, weil die von kleinen Teilen verursachte Signalamplitude gering gegenüber der von folienartigen, metallisch leitenden Teilen ist. Derartige Meßverfahren und Einrichtungen werden auch zur Unterscheidung nach Metallarten und zur Erkennung bestimmter metallischer Gegenstände eingesetzt, wie die DE-PS 28 37 265 und die DE-PS 32 28 447 ausweisen. Nach der DE-PS 28 37 265 wird zur Identifi-

zierung von leitfähigen Gegenständen die auf die Betriebsfrequenz normierte Wirkwiderstandskomponente bei mehreren Frequenzen gemessen und daraus auf die Materialart geschlossen. Eine exakte Untersuchung nach dieser Methode verursacht jedoch nicht nur einen hohen Aufwand, sondern ist auch relativ schwierig, weil für jede Materialart in Abhängigkeit von dem jeweils gesuchten Gegenstand oder Teil in einem Speicher Vergleichswerte vorgehalten werden müssen. Der in der DE-PS 32 28 447 beschriebene Lösungsweg nutzt demgegenüber die bekannte materialabhängige Phasenverschiebung zwischen dem gesendeten und dem empfangenen Wechselfeld beim Passieren eines störenden Teiles als Kriterium für die Materialart, jedoch bereitet auch hierbei die sichere Erkennung, vor allem kleiner, jedoch störender Teile nach wie vor Schwierigkeiten.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, diesen Schwierigkeiten zu begegnen, vor allem auch kleine metallisch leitende, massive Teile sicher zu erkennen, und zwar nicht nur als solche, sondern auch hinsichtlich ihrer Materialart.

Dies wird, ausgehend von einer Einrichtung zur Erzeugung eines Erkennungssignals beim Auftreten von metallisch leitenden Teilen in einem zumindest weitgehend nichtleitenden Förderstrom, bei der von einem Wechselstromgenerator über ein Sendespulensystem in einem zu überwachenden Abschnitt des Förderstromes ein elektromagnetisches Wechselfeld aufgebaut wird, dessen beim Passieren eines Teiles ausgelöste Amplituden- und Phasenänderungen durch ein Empfangsspulensystem und eine nachfolgende Auswerteschaltung in Form eines Phasen-Änderungssignals und eines Amplituden-Änderungssignals erfaßt werden, die der Ableitung eines materialspezifischen Erkennungssignals dienen, nach der Erfindung dadurch erreicht, daß eine Stufe zur vektoriellen Addition der beiden Änderungssignale vorgesehen ist, daß ein Phasenvergleich vorgesehen ist, dem zum einen das vektorielle Summensignal und zum anderen eines der beiden Änderungssignale zugeführt werden und dessen Ausgangssignal (Phasenwinkelsignal) dem Phasenwinkel zwischen dem vektoriellen Summensignal und einem der beiden Änderungssignale entspricht, daß an den Phasenvergleich eine Bewertungsstufe für das Phasenwinkelsignal angeschaltet ist, die aus diesem ein materialspezifisch bewertetes Steuersignal ableitet, und daß an die Stufe zur vektoriellen Addition eine regelbare Ausgangsstufe angeschaltet ist, die als Regelsignal das Steuersignal erhält und deren Ausgangssignal als materialspezifisches Erkennungssignal für ein im Förderstrom befindliches, zu erkennendes Teil dient.

Zweckmäßig wird die Bewertungsstufe derart ausgebildet, daß sie in den an deren Materialien zugeordneten Amplitudenbereichen des Phasensignals das Steuersignal gegensinnig im Vergleich zu dem zu erkennenden Material verändert. Vorteilhaft ist es hierbei, wenn die Bewertungsstufe derart ausgebildet ist, daß für ein zu erkennendes Material das Steuersignal den Amplitudenwert des Ausgangssignals weitgehend unverändert beläßt, während der Amplitudenwert des Ausgangssignals für andere Materialien vermindert wird. Es ist auch möglich den Amplitudenwert des Ausgangssignals für ein zu erkennendes Material mittels des Steuersignals gegenüber den Werten für andere Materialien in einem dem jeweiligen Einzelfall angepaßten Umfang anzuheben.

Vorteilhaft kann die Bewertungsstufe als eine Schwellwertschaltung ausgebildet werden, die in den

anderen Materialien zugeordneten Amplitudenbereichen des Phasensignals das Steuersignal gegenseitig im Vergleich zu dem zu erkennenden Material verändert. In diesem Sinne kann die Bewertungsschaltung auch ein Amplitudenvergleich mit einer, in der Amplitude vorzugsweise wählbaren Vergleichsspannung sein, der bei Übereinstimmung ein Signal abgibt.

Von besonderem Vorteil ist es, wenn an die Auswertungsschaltung für die Ableitung beider Änderungssignale jeweils ein Analog-Digital-Wandler angeschaltet wird, der die Änderungssignale in Digitalform umsetzt, und wenn zumindest die Stufe zur vektoriellen Addition und der Phasenvergleich als digital arbeitende Schaltungen ausgebildet werden. Es empfiehlt sich jedoch auch die Bewertungsstufe als digital arbeitende Schaltung auszubilden. Hierfür ist es vorteilhaft, wenn die Ausgangsstufe als Multiplizierer ausgebildet ist, der als Multiplikator das Steuersignal erhält. Zweckmäßig ist es an die Auswertungsschaltung für die Ableitung beider Änderungssignale jeweils einen Analog-Digital-Wandler anzuschalten, die die Änderungssignale in Digitalform umsetzen, und weiterhin die Stufe zur vektoriellen Addition und den Phasenvergleich als digital arbeitende Schaltungen auszubilden. Diese Ausführungsformen ermöglichen es in vorteilhafter Weise, einen Speicher für die Abspeicherung von Steuersignalwerten für vorgegebene Materialien vorzusehen. Die materialspezifische Auslesung des Speichers kann dann mittels des Phasensignals vorgenommen werden. Dabei kann mit Vorteil dem Speicher eine Eingabevorrichtung zur Abspeicherung von Steuersignalwerten für vorgegebene Materialien in seine Speicherzellen zugeordnet werden.

Die erfindungsgemäße Einrichtung eignet sich mit Vorteil auch zur Erzeugung eines Betätigungssignal für die eingangs erwähnten Schutz- und Ausscheidvorrichtungen. Das ist dadurch erreichbar, daß zusätzlich eine, ein Betätigungssignal abgebende Betätigungsstufe vorgesehen ist, die als Eingangssignal das durch das Steuersignal veränderte vektorielle Summensignal erhält, und daß die Betätigungsstufe eine Schwellwertschaltung mit vorzugsweise einstellbarer Schwelle enthält, die derart ausgebildet ist, daß am Ausgang der Betätigungsstufe nur beim Überschreiten der Schwelle durch das veränderte vektorielle Summensignal ein Betätigungssignal abgegeben wird. Dabei wird zweckmäßig eine Vorrichtung zur manuellen Einstellung der Schwelle in der Schwellwertschaltung vorgesehen.

Wie bereits erwähnt, ist der gemessene Phasenwinkel materialcharakteristisch. Wenn man also für Phasenwinkel eines nicht störenden Teiles, wie einer Aluminiumfolie, die Ansprechempfindlichkeit wesentlich vermindert oder sogar zu Null macht, für andere Materialien, wie VA-Stahl beläßt, so spricht die Einrichtung — wie Untersuchungen gezeigt haben — beispielsweise auf eine kleine Schraubenmutter der metrischen Muttergröße M 3, die aus VA-Stahl besteht, eindeutig an, während selbst ein Knäuel aus Aluminiumfolie in der Größe eines Tennisballes noch keine Reaktion auslöst.

Nachstehend wird die Erfindung anhand von in einer Zeichnung wiedergegebenen Ausführungsbeispielen näher erläutert. In dieser zeigt

Fig. 1 die Ansicht einer Metalldetektions-Einrichtung, die ein Förderband umschließt,

Fig. 2 einen Schnitt durch eine Metalldetektions-Einrichtung nach der Fig. 1,

Fig. 3 ein Schaltbild mit der Sendespule für die Erzeugung des elektromagnetischen Wechselfeldes in einem

vorgegebenen Raumbereich und einem zwei Spulen umfassenden Spulensystem für den Empfang des Wechselfeldes,

Fig. 4 die Ableitung der Signal U1 und U2 bei nur einer Empfangsspule,

Fig. 5 das Blockschaltbild einer Schaltung zur Ableitung des Amplituden-Änderungssignals AS und des Phasen-Änderungssignals PS bei Passieren eines aufzufindenden Teiles im Förderstrom und deren weitere Verarbeitung zum Erkennungssignal ES,

Fig. 6 ein Schwingungsdiagramm zur Verdeutlichung der Wirkung von leitenden Teilen im Fördergutstrom auf das über das Spulensystem aufgenommene Signal,

Fig. 7 den zeitlichen Verlauf des beim Durchgang eines metallisch leitenden Teiles auftretenden Signals Uemp,

Fig. 8 eine Möglichkeit für die 90°-Phasenschiebung von PS,

Fig. 9 die vektorielle Beziehung von AS, PS und VS,

Fig. 10 eine schaltungstechnische Möglichkeit für die Auswertung von AS und PS in Digitaltechnik,

Fig. 11 ein Diagramm für einen Materialfaktor-Verlauf und

Fig. 12 ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem die Signalauswertung nur zu bestimmten Zeitpunkten erfolgt.

Die in der Fig. 1, 2 und 3 schematisch dargestellte Einrichtung besteht aus zwei Teilen OT und UT, von denen das eine U-förmig und das andere als flaches Auflager ausgebildet ist. Die beiden Teile umschließen ein Förderband B, das in Richtung des aufgezeichneten Pfeiles das auf unerwünschte metallische Teile zu überprüfende Gut durch die Einrichtung transportiert. In dem Teil OT ist eine Sendespule S1 angeordnet. In dem Teil UT sind ferner eine Senderspule mit Wechselstrom speisender Generator G und eine Schaltung AT zur Ableitung eines Erkennungssignals von im Fördergut enthaltenen, metallisch leitenden Teilen angeordnet. Im Auflager UT sind zwei Empfangsspulen S2 und S3, in Förderrichtung versetzt, angeordnet. Ausführungsform und Anordnung der Spulen sind, ebenso wie die Gehäuseform und die Form und Art der Durchlaßöffnung in an sich bekannter Weise dem Anwendungsfall angepaßt. Über nicht näher dargestellte Kontakte sind ihre Anschlüsse zu der Schaltung AT im Teil OT geführt. Eine Anschlußleitung AL dient der Verbindung der Einrichtung mit der Betriebsstromversorgung. Eine Ausgangsleitung SL dient zur Weiterleitung eines Erkennungssignals an eine der einleitend erwähnten Schutzvorrichtungen.

Aus der in der Fig. 3 gezeigten Schaltung ist entnehmbar, daß die Sendespule S1 durch einen Kondensator C1 und das Spulenpaar S2, S3 durch einen Kondensator C2 jeweils zu einem elektrischen Schwingkreis vervollständigt sind. Die beiden Schwingkreise S1, C1 bzw. S2, S3, C2 sind so abgestimmt, daß sie ein auf die Frequenz des Wechselstromes abgestimmtes Bandfilter bilden, der vom Generator G zugeführt wird. Durch die Unterteilung der Spule und damit der Induktivität im Schwingungskreis S2, S3, C2 ist es möglich, zwei gegenüber dem Bezugspotential BP gegenphasige Signale U1 und U2 abzunehmen und der Schaltung AT zuzuführen. Zu erwähnen ist, daß die Signale U1 und U2 nicht absolut gleich groß sein müssen, was eine hohe Symmetrie der beiden Empfangsspulen erfordern würde. Bei einer leichten Unsymmetrie wird nur eines dieser beiden Signale etwas größer; die Auswertbarkeit der beiden Änderungssignale, die bei Passieren eines Teiles auftreten,

verbleibt unverändert.

Die Einrichtung nach der Fig. 1 verwendet sekundärseitig ein aus zwei Spulen bestehendes Spulensystem. Man kann auch mit nur einer Spule arbeiten. In diesem Fall ist, wie in der Fig. 4 gezeigt, das Signal U1 an dem Schwingkreis abzugreifen und einmal direkt dem Operationsverstärker und einmal mit einer Phasenumkehr, also einer Phasenverschiebung von 180° zuzuführen. Dies wird durch die angedeutete Einschaltung einer Phasenumkehrstufe PU in an sich bekannter Art erreicht.

Die Schaltung AT beginnt, wie die Fig. 5 zeigt, mit einem durch einen sogenannten Operationsverstärker gebildeten Differenz-Verstärker OP, an dessen Ausgang eine Aufteilung in einen Amplitudenzweig AZ und einen Phasenzweig PZ vorgenommen ist. Im Amplitudenzweig AZ wird mittels einer Gleichrichterstufe SG der Betragswert des Signales Uemp bestimmt, der das Amplituden-Änderungssignal AS darstellt. Im Phasenzweig PZ ist ein Phasendiskriminator PV eingefügt, der als Phasenbezugssignal das Signal Use des Generators G erhält. Am Ausgang von PV steht das Phasen-Änderungssignal PS an.

In der Fig. 6 ist der Einfluß des Durchgangs eines durch das Förderband an der Spule S2 vorbeibewegten, metallisch leitenden Teiles schematisch dargestellt. Die von dem Wechselfeld Use der Spule S1 in dem Teil verursachten Wirbelströme verändern sowohl die Amplitude als auch die Phasenlage des über S2 und S3 empfangenen Signals Uemp, das ohne solche Feldstörungen um 90° gegen Use phasenverschoben ist. Die Änderungsbereiche sind durch Pfeile angedeutet.

In der Fig. 7 ist der Verlauf des Amplituden-Änderungssignals AS in zwei Fällen wiedergegeben. Ist das Teil kurz gegenüber dem Abstand der Spulen S2 und S3, entsteht bei jedem Passieren einer der beiden Spulen ein Signal, wie es in der Fig. 7 mit A, A gekennzeichnet ist. Ist hingegen das Teil demgegenüber lang, so ist der Verlauf von AS etwa so, wie es durch B, B' angedeutet ist. Für das Phasen-Änderungssignal PS ist der Verlauf entsprechend.

Die weitere Verarbeitung besteht darin, daß AS und PS vektoriell addiert werden. Hierzu wird eine 90° Phasenverschiebung zwischen AS und PS eingeführt, beispielsweise dadurch, daß wie in der Fig. 5 gezeigt, in den Leitungszweig von PS ein 90° Phasenschieber eingefügt wird. Dieser kann beispielsweise, wie in der Fig. 8 schematisch gezeigt, aus einer Widerstand-Induktivitäts-Kombination in an sich bekannter Weise bestehen, bei der das phasenverschobene Signal an der Induktivität abgenommen wird. Der Umschalter US deutet an, daß statt PS (90°) auch AS für die vektorielle Addition verwendet werden kann.

Die gegenseitig um 90° phasenverschobenen Signale AS und PS (90°) werden in einem Summierer SU zu dem vektoriellen Summensignal SV zusammengesetzt. Dies weist einen vorn Material des im Förderstrom abhängigen Phasenwinkel α beziehungsweise α' zu den Änderungssignalen auf. Der Betrag des Summenvektors VS ist zugleich ein Kriterium für die Materialmenge des zu ermittelnden Teiles.

Der Phasenwinkel α wird beim Ausführungsbeispiel dadurch erhalten, daß PS (90°) und SV einem Phasendiskriminator PV' zugeführt werden, der ein der Phasendifferenz entsprechendes Gleichstromsignal umwandelt, dessen Amplitude die Phasendifferenz wiedergibt, die damit beispielsweise in einem Anzeigeinstrument PA gemessen und damit angezeigt werden kann. Dieses Signal

dient bei dem Ausführungsbeispiel jedoch zusätzlich zur Steuerung eines Ausgangsstufe AST, die das eigentliche Erkennungssignal ES erzeugt.

Da das von PV' erhaltene Signal mit seiner Amplitude nur vom Phasenwinkel α bzw. α' abhängig ist, kann die Amplitude als Aussage für das Material des zu ermittelten Teiles benutzt werden. Unterschiedliche Materialien ergeben also unterschiedliche Amplitudenwerte. Durch eine Schwellwertschaltung SWS ist für bestimmte Phasenwinkel α beziehungsweise α' das von PV' kommende Steuersignal SS winkelspezifisch in der Amplitude beeinflussbar und damit für die winkelbeziehungsweise materialspezifische Steuerung von AST verwendbar. Hierzu kann SWS als Schwellwertschaltung mit einer oberen und einer unteren Schwelle ausgebildet werden, die nur solche Signale passieren läßt, die in ihrer Amplitude zwischen ihren beiden Amplitudenschwellwerten liegen. Durch Einstellung der beiden Amplitudenschwellen läßt sich somit ein gewünschter Winkelbereich und damit ein bestimmter Materialbereich auswählen.

In der Ausgangsstufe AST wird das von SWS erhaltene Signal dazu verwendet, daß das ihr zugeführte Signal SV nur für den bestimmten Phasenwinkelbereich passieren kann, während für außerhalb des Winkelbereichs einzuordnende Materialien eine Abschwächung oder auch eine vollständige Unterdrückung erfolgt. Das ist zum Beispiel dadurch in einfacher Weise realisierbar, daß die Ausgangsstufe AST ein durch das Signal von SWS steuerbarer Dämpfungsregler ist, der durch das ihm zugeführte Signal aufgeregelt wird. Es dient dann in an sich bekannter Weise zur Absteuerung einer Betätigungsstufe BT zur Aktivierung einer der einleitend erwähnten Schutz- oder Melde-Vorrichtungen. Durch ein zwischengeschaltetes Verzögerungsglied VG lassen sich eventuelle Laufzeit-Ungenauigkeiten zwischen dem Passieren des Spulensystems durch ein festzustellendes Teil und der Schutz- oder Meldevorrichtung ausgleichen.

Es ist auch möglich die Schwellwertschaltung so auszubilden, daß sie nur für solche Amplitudenwerte das Steuersignal vermindern oder unterdrückend beeinflusst, die dem Phasenwinkelbereich des zu erkennenden Materials entsprechen. Das kann durch eine SWS nachgeschaltete Stufe erfolgen, die durch dem zu erkennen Material entsprechende Steuersignale geschlossen wird, also kein Signal mehr abgibt und für anderen Materialien zugeordnete Steuersignale öffnet, womit das Steuersignal passieren kann. In diesem Fall ist AST gegensinnig zum vorstehend behandelten Fall zu regeln. Auch in diesem Fall ist ES somit eine Funktion des materialspezifischen Steuersignals SS und der Amplitude von SV.

Das Erkennungssignal ES kann erforderlichenfalls über eine weitere Schwellenschaltung, die nur einen geforderten Amplitudenwert überschreitende Signalwerte und/oder einen einstellbaren Dämpfungsregler mit nachgeordneter Schwellenschaltung zur Steuerung der eingangs erwähnten Schutzeinrichtungen als Betätigungssignal verwendet werden. Es läßt sich damit sozusagen die Ansprechempfindlichkeit regeln; denn sehr kleine Teile aus einem sogenannten kritischen Material müssen manchmal nicht unbedingt ausgeschieden werden.

In der Fig. 10 ist eine zu der Fig. 5 entsprechende Schaltung gezeigt, die weitgehend auf digitaler Basis arbeitet. Zu diesem Zweck werden die Ausgangssignale von SG und PV über Analog-Digital-Wandler A/D in

digitale Signale, zum Beispiel in einem 16-bit-Code umgesetzt, wie er in üblichen Rechnern verwendet wird. Die 90°-Phasenschiebung kann dann mittels der aus Taschenrechnern beispielsweise bekannten Cosinus-Umrecheneinheit erhalten werden. Die den Signalen AS und PS (90°) entsprechenden Digitalsignale werden dann in einem Addierer Add zum Summenvektor-Signal geometrisch addiert. Das digitale Summensignal SV' und das Signal PS (90°)' werden dann in einem digital arbeitenden Phasendiskriminator PV'' zur Phasenermittlung verwendet. Das Ausgangssignal von Add wird dann — in zur Fig. 5 gleichartiger Weise — der Ausgangsstufe AST und einem Phasendiskriminator PV'' zugeführt. Unterschiedlich zur Fig. 5 wird das Ausgangssignal des Phasendiskriminators PV'' zur Ansteuerung eines Speichers SPW verwendet, in dem materialspezifische Steuersignalwerte abgespeichert sind. Das Ausgangssignal von PV'' dient dabei sozusagen als Ansteuer-Adresse für die entsprechende Speicherzelle in SPW, die ihren eingespeicherten Wert (Materialfaktor) als Steuersignal SS dann an AST zu Beeinflussung von SV im anhand der Fig. 5 erläuterten Sinne gibt. Die in den einzelnen Speicherzellen sozusagen abzulegenden Materialfaktoren können beispielsweise über eine Eingabevorrichtung EF für die verschiedenen Materialien vorab eingegeben und später gegebenenfalls ergänzt oder geändert werden. In der Fig. 11 ist in Form einer Hüllkurve ein Beispiel für Verlauf des Materialfaktors F in Abhängigkeit von a wiedergegeben.

Bei den vorhergehenden Ausführungsbeispielen ist die Bewertung beziehungsweise die Ableitung des Erkennungssignals ein fortlaufender dynamischer Vorgang, bei dem kontinuierlich die Änderungswerte in die einzelnen Schaltungsstufen eingelesen werden. Nach einer Weiterbildung der Erfindung kann dieser Vorgang sozusagen diskontinuierlich erfolgen. Zu diesem Zweck werden jeweils zum Zeitpunkt des Maximalwertes eines der Änderungssignale, vorzugsweise des Phasen-Änderungssignale die Maximalwerte beider Änderungssignale ermittelt und einem Zwischenspeicher SPA für AS und SPP für PS getrennt zugeführt. Aus diesem Zwischenspeicher werden dann anschließend diese Maximalwerte für die vektorielle Summensignalbildung entnommen und für die Ableitung der weiteren Signale, wie Phasensignal, Steuersignal und Erkennungssignal verwendet. Man erhält hierdurch eine besonders exakte Zeitrelation zwischen dem Passieren eines festzustellenden Teiles durch das Spulensystem und der Abgabe des Erkennungssignals.

Ein Ausführungsbeispiel für eine derartige Schaltung zeigt die Fig. 12. Die Schaltung arbeitet ebenso wie die nach der Fig. 10 auf digitaler Basis. Das Änderungssignal PS wird über eine Maximum-Erkennungsstufe MES dahingehend ausgewertet, daß ein Auslösesignal S zum Zeitpunkt des jeweiligen Maximalwertes von PS abgegeben wird. Die Auswertung von PS empfiehlt sich, weil PS von der Materialmenge des zu erkennenden Materials weitgehend unabhängig ist. Das Auslösesignal S veranlaßt durch eine Aktivierung der Einlese-schaltungen der Speicher SPA und SSP die Einschreibung des Maximalwertes von AS und PS. Nach dem Einschreiben werden die beiden Speicher in üblicher Weise von den A/D-Wandlern für die Zeit der weiteren Verarbeitung von AS und PS elektrisch abgetrennt. Die eingespeicherten Werte von AS und PS werden während des Abtrennzeitraumes zur weiteren Verarbeitung aus SPA beziehungsweise SPS in an sich bekannter Weise ausgelesen. Der gesamte Schaltungsteil nach der Fig. 12 ist in

der Fig. 10 zwischen den durch a, a', b und b' kenntlich gemachten Stellen einzufügen. Die von SPA und SPP ausgelesenen Werte von AS und PS werden, nach Einführung der 90°-Phasenschiebung dem Addierer Add zugeführt, in dem sie entsprechend den Ausführungen zur Fig. 10 geometrisch zum vektoriellen Summensignal SV addiert werden.

Die Erkennung des Maximums ist relativ einfach dadurch möglich, daß nach dem Auftreten eines Änderungssignals, dessen Kurvensteigung vom Wert Null aus zunächst stetig zunimmt, im Maximum des Änderungssignals auf Null zurückgeht und anschließend negative Werte annimmt. Der dabei auftretende Nulldurchgang von positiven nach negativen Werten, beziehungsweise der Polaritätsumschlag der Kurvensteigung ist dann das Kriterium. Die Kurvensteigung ist aus dem Phasen-Änderungssignal leicht durch Differentiation in einem elektrischen Differenzierglied DG ableitbar und der Polaritätsumschlag läßt sich ohne Schwierigkeiten mittels einer Gleichrichter enthaltenden Schaltung GL feststellen, deren abgegebenes Signal, gegebenenfalls nach Verstärkung als Auslösesignal S verwendet werden kann. Ein Rückstellsignal ist zum Beispiel aus ES ableitbar.

In den Blockschaltbildern der Fig. 10 und 12 sind aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit die für Digital-schaltungen und Speicher erforderlichen sonstigen Leitungen, wie die Taktsignalleitung, Ein- und Ausleseleitungen und dergleichen und auch die dafür benötigten Schaltungen weggelassen, da dieser Schaltungsaufwand an sich allgemein bekannt ist. Die Schaltungstechnik von SPW ist beispielsweise aus DE 36 28 219 A1 an sich bekannt.

35 Bezugszeichenliste

Add Addierer zur vektoriellen Addition
 AL Anschlußleitung
 AS Amplituden-Änderungssignal
 40 AST Ausgangsstufe für die Abgabe des Erkennungssignal ES
 AT Schaltung zur Ableitung eines Erkennungssignals
 AZ Amplitudenzweig
 B Förderband
 45 C1, C2 Kondensatoren
 BT Betätigungsstufe für Schutzeinrichtungen oder dergleichen
 DG Differenzierer
 ES Erkennungssignal
 50 EV Einstellvorrichtung für den Speicher SPW
 G Wechselstrom-Generator
 GL Gleichrichter enthaltende Schaltung zur Signal-erzeugung
 MES Maximum-Erkennungsschaltung zur Erzeugung
 55 des Signals S
 OP Differenz-Verstärker bzw. Operationsverstärker
 OT Oberteil einer Einrichtung zur Erkennung von Teilen
 PA Anzeigeinstrument für die Phase
 60 PS Phasen-Änderungssignal
 PV Phasendiskriminator
 PV' Phasendiskriminator
 PV'' Phasendiskriminator
 PU Phasenumkehrstufe
 65 PZ Phasenzweig
 S Einlese-Aktivierungssignal für die Speicher SPA und SPP
 S1 Sendespule zur Erzeugung eines elektromagnetischen

schen Feldes
 S2, S3 Empfangsspulen für das elektromagnetische Feld
 SG Gleichrichterstufe im Amplitudenweig AZ
 SL Ausgangsleitung
 SPA Zwischenspeicher für AS 5
 SSP Zwischenspeicher für PS
 SS Steuersignal
 SU vektorieller Summierer
 SV vektorielle Summensignal
 SWS Schwellwertschaltung mit oberer und unterer 10
 Schaltschwelle
 SPW Speicher für Material-Faktoren
 U1, U2 an den Spulen S2 bzw. S3 abgenommene Signale
 Uemp Empfangssignal am Ausgang des Differenzver-
 stärkers OP 15
 Use Signal des Generators G
 UT Unterteil einer Einrichtung zur Erkennung von Tei-
 len
 VG einstellbares Verzögerungsglied zum Laufzeitaus-
 gleich 20
 α Phasenwinkel zwischen PS und SV
 α' Phasenwinkel zwischen AS und SV

Patentansprüche

1. Einrichtung zur Erzeugung eines Erkennungssi- 25
 gnals beim Auftreten von metallisch leitenden Tei-
 len in einem zumindest weitgehend nichtleitenden
 Förderstrom, bei der von einem Wechselstromge-
 nerator über ein Sendespulensystem in einem zu 30
 überwachenden Abschnitt des Förderstromes ein
 elektromagnetisches Wechselfeld aufgebaut wird,
 dessen beim Passieren eines Teiles ausgelöste Am-
 plituden- und Phasenänderungen durch ein Emp-
 fangsspulensystem und eine nachfolgende Aus- 35
 werteschaltung in Form eines Phasen-Änderungs-
 signals und eines Amplituden-Änderungssignals er-
 faßt werden, die der Ableitung eines materialspezi-
 fischen Erkennungssignals dienen, **dadurch ge-
 kennzeichnet**, daß eine Stufe zur vektoriellen Ad- 40
 dition der beiden Änderungssignale vorgesehen ist,
 daß ein Phasenvergleich vorgesehen ist, dem zum
 einen das vektorielle Summensignal und zum an-
 deren eines der beiden Änderungssignale zugeführt 45
 werden und dessen Ausgangssignal (nachstehend
 als Phasenwinkelsignal bezeichnet) dem Phasen-
 winkel zwischen dem vektoriellen Summensignal
 und einem der beiden Änderungssignale entspricht,
 daß an den Phasenvergleich eine Bewertungsstu- 50
 fe für das Phasenwinkelsignal angeschaltet ist, die
 aus diesem ein materialspezifisch bewertetes Steu-
 ersignal ableitet, und daß an die Stufe zur vektori-
 elen Addition eine regelbare Ausgangsstufe ange-
 schaltet ist, die als Regelsignal das Steuersignal er- 55
 hält und deren Ausgangssignal als materialspezifi-
 sches Erkennungssignal für ein im Förderstrom be-
 findliches, zu erkennendes Teil dient.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekenn-
 zeichnet, daß die Bewertungsstufe derart ausgebil- 60
 det ist, daß sie in den anderen Materialien zugeord-
 neten Amplitudenbereichen des Phasensignals das
 Steuersignal gegensinnig im Vergleich zu dem zu
 erkennenden Material verändert.
3. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekenn-
 zeichnet, daß die Bewertungsstufe derart ausgebil- 65
 det ist, daß für ein zu erkennendes Material das
 Steuersignal den Amplitudenwert des Ausgangssi-
 gnals weitgehend unverändert beläßt, während der

Amplitudenwert des Ausgangssignals für andere
 Materialien vermindert wird.

4. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
 dadurch gekennzeichnet, daß die Bewertungsstufe
 eine Schwellwertschaltung ist, die in den anderen
 Materialien zugeordneten Amplitudenbereichen
 des Phasensignals das Steuersignal gegensinnig im
 Vergleich zu dem zu erkennenden Material verän-
 dert.
5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
 dadurch gekennzeichnet, daß die Bewertungsschal-
 tung ein Amplitudenvergleich mit einer in der
 Amplitude vorzugsweise wählbaren Vergleichs-
 spannung ist.
6. Einrichtung nach einem der vorhergehenden An-
 sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Aus-
 gangsstufe als Multiplizierer ausgebildet ist, der als
 Multiplikanden das vektorielle Summensignal und
 als Multiplikator das Steuersignal erhält.
7. Einrichtung nach einem der vorhergehenden An-
 sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß an die Aus-
 wertungsschaltung für die Ableitung beider Ände-
 rungssignale jeweils ein Analog-Digital-Wandler
 angeschaltet ist, die die Änderungssignale in Digi-
 talform umsetzen, und daß die Stufe zur vektori-
 elen Addition und der Phasenvergleich als digital
 arbeitende Schaltungen ausgebildet sind.
8. Einrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekenn-
 zeichnet, daß auch die Bewertungsstufe als digital
 arbeitende Schaltung ausgebildet ist.
9. Einrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekenn-
 zeichnet, daß die Bewertungsstufe ein Speicher für
 die Abspeicherung von Steuersignalwerten (nach-
 stehend als Materialfaktoren bezeichnet) für vor-
 gegebene Materialien ist, zu dessen Auslesung ein
 vom materialspezifischen Phasensignal abgeleitetes
 Auslesesignal vorgesehen ist.
10. Einrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekenn-
 zeichnet, daß dem Speicher eine Eingabevorrich-
 tung zur Abspeicherung von Steuersignalwerten
 für vorgegebene Materialien in seine Speicherzel-
 len zugeordnet ist.
11. Einrichtung nach einem der vorhergehenden
 Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zusätz-
 lich eine, ein Betätigungssignal abgebende Betäti-
 gungsstufe vorgesehen ist, die als Eingangssignal das
 durch das Steuersignal veränderte vektorielle Sum-
 mensignal erhält, und daß die Betätigungsstufe eine
 Schwellwertschaltung mit vorzugsweise einstellba-
 rer Schwelle enthält, die derart ausgebildet ist, daß
 am Ausgang der Betätigungsstufe nur beim Über-
 schreiten der Schwelle durch das veränderte vek-
 torielle Summensignal ein Betätigungssignal abge-
 geben wird.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 1

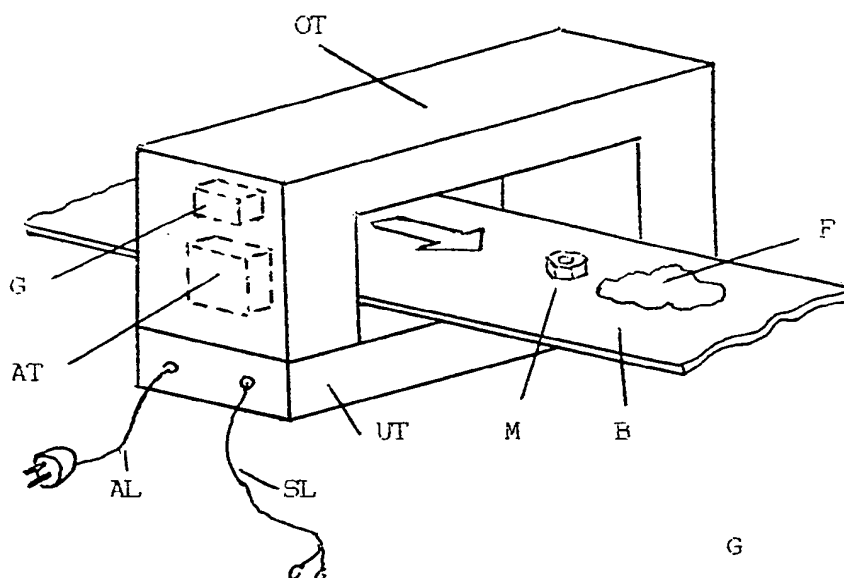


Fig. 2

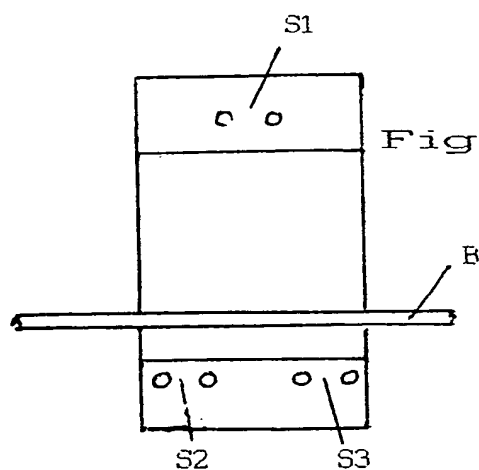


Fig. 3

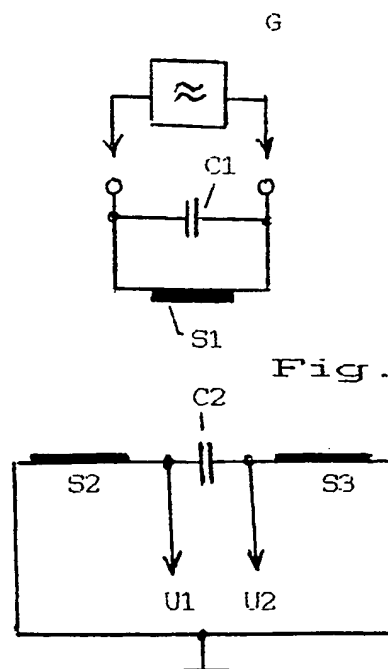


Fig. 5

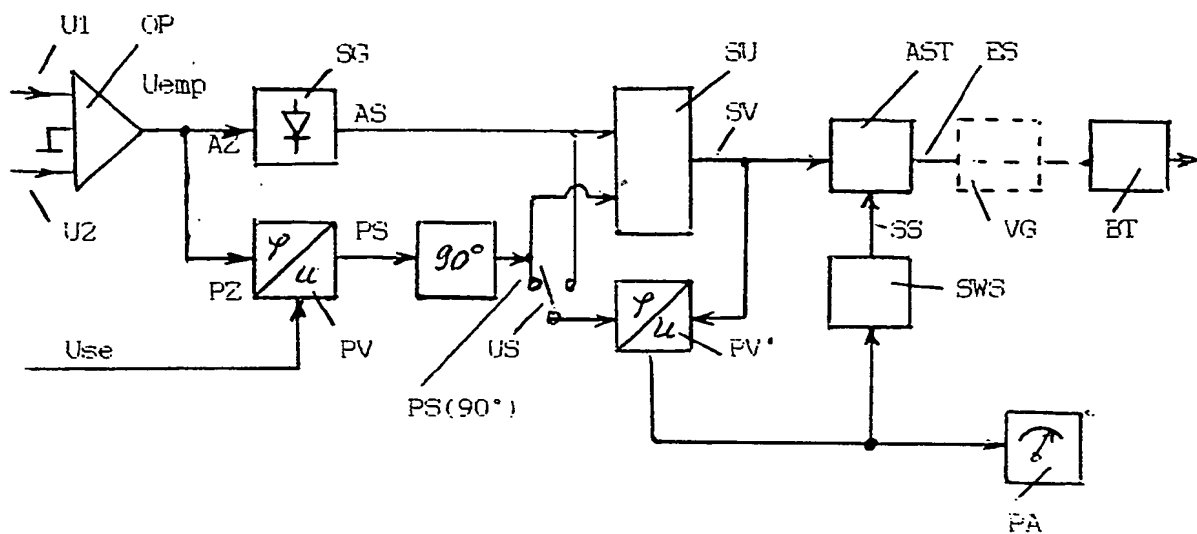


Fig. 6

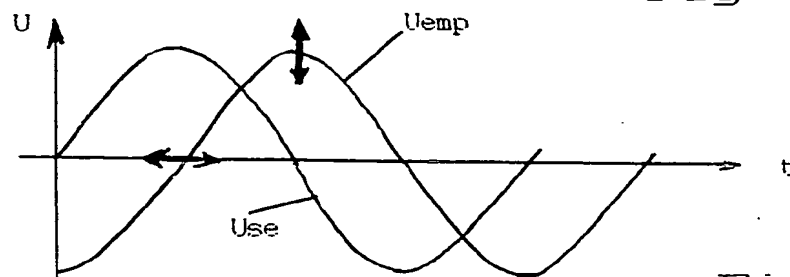


Fig. 7

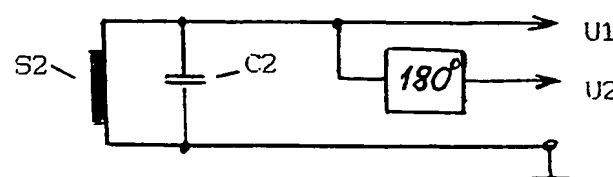
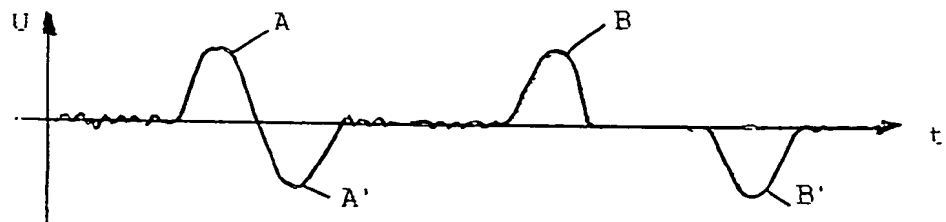


Fig. 4

Fig. 10

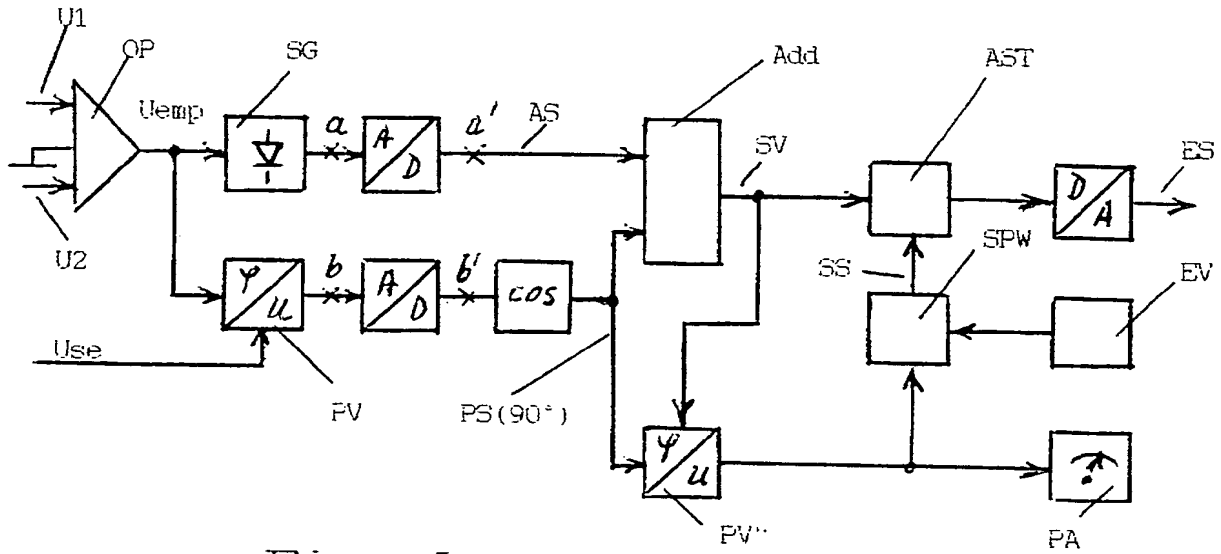


Fig. 9

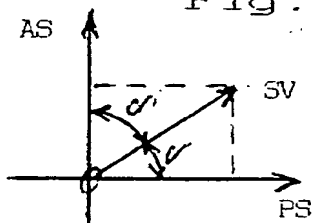


Fig. 8

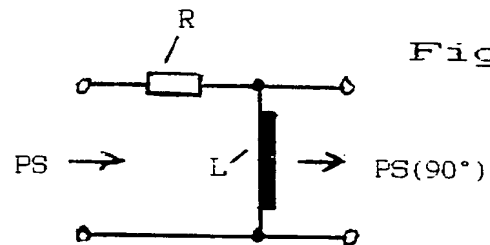


Fig. 12

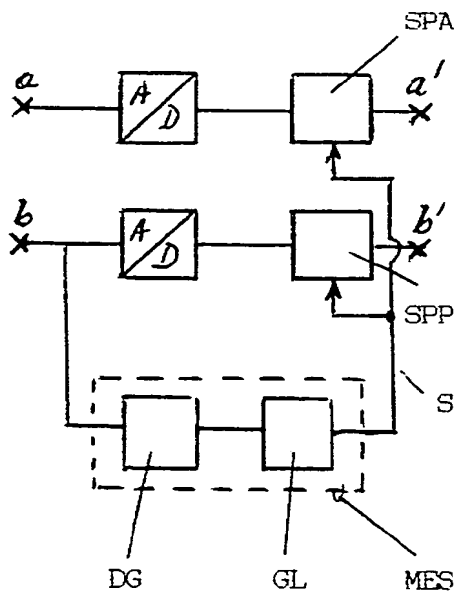


Fig. 11

